

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЛАЗМЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Ю.С. Сомотугина, доц., к.т.н., ДВНЗ «ПГТУ»

Одним из наиболее экономичных и универсальных методов поверхностного упрочнения деталей и инструмента является обработка высококонцентрированной плазменной струей. При этом важным преимуществом плазменного упрочнения является возможность получения на экономнолегированных углеродистых сталях значений твердости и прочности, соответствующих высоколегированным сталям после традиционной объемной термической обработки. Одной из перспективных областей реализации такого подхода является упрочнение штампового инструмента.

Для штампов горячей штамповки, работающих в легких условиях (с малыми удельными давлениями, для обработки мягких и пластичных сплавов) применяют углеродистые стали с содержанием углерода 0,6-1,0% - марок У7, У8 и У9. Для молотовых штампов используют среднеуглеродистые стали 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХСНВ, 4ХСМФ. Из этих

сталей наиболее распространенной и, как отмечается в работе, наилучшей является сталь 5ХНМ.

Особенности фазовых и структурных превращений при плазменной закалке исследованы для низколегированных инструментальных сталей с различным содержанием углерода и легирующих элементов: 50ХН, У8, ХВГ, У10.

В исходном состоянии сталь 50ХН имеет структуру - пластинчатый перлит + феррит в виде сплошной или разорванной сетки.

После объемной закалки сталь имеет структуру мартенсита преимущественно игольчатой (пластинчатой) морфологии.

Основной структурной составляющей зоны плазменной закалки также является мартенсит. Независимо от исходного состояния стали, он характеризуется очень высокой степенью дисперсности (т.н. бесструктурный мартенсит).

Вместе с тем, высокая степень дисперсности и однородности структуры, высокая твердость закаленной зоны свидетельствуют, что независимо от механизма фазового перехода существенную роль при плазменной закалке играет диффузионное перераспределение углерода в аустените. Образующиеся мелкие зерна аустенита имеют общую ориентировку в пределах исходных зерен феррита (и соответственно, бывшего аустенитного зерна). Границы между одинаково ориентированными зернами аустенита в структуре закаленной зоны в доэвтектоидных сталях металлографически не выявляются.

В структуре сталей эвтектоидного состава избыточные фазы (феррит, цементит) отсутствуют, поэтому при скоростном плазменном нагреве основным является превращение зернистого или пластинчатого перлита в аустенит. В исходном состоянии сталь У8 имеет структуру преимущественно зернистого перлита с отдельными крупными зернами пластинчатого перлита, сталь ХВГ - зернистого перлита. После объемной закалки от стандартных температур стали приобретают достаточно высокую твердость и структуру крупноигольчатого мартенсита. Плазменная закалка приводит к получению структуры высокодисперсного мартенсита преимущественно пластинчатой морфологии и более высокой твердости по сравнению с объемной закалкой.

Большой практический интерес представляет плазменная обработка углеродистых и инструментальных сталей заэвтектоидного состава. Исследованная сталь У10 в нормализованном состоянии имеет структуру мелкопластинчатого перлита с разорванной сеткой и отдельными крупными частицами цементита. Для таких сталей опти-

мальной считается закалка с нагревом до температур межкритического интервала - на 50...70 °С выше A_{c1} . В результате сталь имеет структуру мартенсит + цементит и достаточно высокую твердость. Нагрев до более высоких температур (выше A_{c1}) приводит к более полному растворению цементита, росту зерна и увеличению содержания остаточного аустенита, что не способствует повышению твердости и резко увеличивает хрупкость.

При скоростном плазменном нагреве заэвтектоидной стали У10 до температуры A_{c1} и выше одновременно идут два процесса: превращение $P \rightarrow A$, аналогично эвтектоидной стали, и растворение избыточного цементита, которое начинается на его границе с перлитным ферритом. Это, в свою очередь, может приводить к некоторому ускорению превращения $P \rightarrow A$. После завершения превращения $P \rightarrow A$ и выравнивания концентрации углерода по бывшему перлитному зерну процесс растворения избыточного цементита ускоряется. Увеличение температуры плазменного нагрева вплоть до $T_{пл}$ приводит к практически полному растворению избыточного цементита (отдельные фрагменты нерастворившихся цементитных частиц сохраняются лишь в нижних слоях ЗПВ - вблизи исходного металла). Твердый раствор дополнительно насыщается углеродом и характеризуется высокой концентрационной неоднородностью - ввиду крайне малой длительности выдержки гомогенизация аустенита замедляется. В отсутствие цементитных частиц рост зерна аустенита при перегреве не происходит - структура зоны плазменной закалки характеризуется высокой степенью дисперсности.

Дополнительное упрочнение достигается за счет частичного распада (самоотпуска) мартенсита и выделения субмикроскопических частиц вторичных карбидов, равномерно распределенных в мартенситной матрице. Твердость стали У10 после плазменной закалки значительно выше, чем после объемной закали. В целом, можно сделать вывод, что плазменная обработка заэвтектоидных сталей с пластинчатым или зернистым избыточным цементитом по кинетике фазовых и структурных превращений и достигаемым свойствам аналогична обработке сталей эвтектоидного состава.

Таким образом, металлографические и рентгеноструктурные исследования углеродистых и низколегированных инструментальных сталей с содержанием углерода 0,3...1,5% показали, что плазменная поверхностная обработка является высокоэффективным методом тер-

мического упрочнения.

В результате плазменной обработки достигается 3,5...4,5- кратное повышение твердости сталей по сравнению с нормализованным состоянием и на 100 ...150 HV по сравнению с объемной закалкой в печи.

Плазменная поверхностная обработка может быть рекомендована взамен объемной закалки для инструмента из углеродистых и низколегированных инструментальных сталей, глубина допустимого износа которых в процессе эксплуатации не превышает глубину упрочненного слоя.

Предложено проводить замену штампового инструмента из высоколегированных сталей после объемной термической обработки инструментом из указанных сталей, упрочненных плазменной струей. Проведены исследования структуры и фазового состава штамповых сталей после плазменной обработки. Проведена оптимизация режимов поверхностного упрочнения с целью получения бездефектных зон плазменного влияния. Получено четырех кратное увеличение стойкости штампов при применении технологии плазменной поверхностной обработки.